

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

多頻道多標準無線通訊系統關鍵射頻技術之研發(I)

子計劃一：多頻道多標準天線系統(I)

計劃編號：NSC 94-2219-E-009-013

執行期限：九十四年八月一日至九十五年七月三十一日

主持人：林育德 交通大學電信系 教授

計劃參與人員：盧約廷

一、中文摘要

通訊系統前端的射頻元件整合模組是現今發展的趨勢，本計劃提出包括雙工器與兩個不同頻段的帶通濾波器之整合模組，利用低溫共燒陶瓷 (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) 製程設計出符合 WLAN 802.11a/b/g 頻段的雙工器模組，符合現今通訊產品體積縮小化，高選擇性，及高整合度的元件。在本報告中，以全波分析軟體及電路模擬軟體作為設計之工具，提出帶通、低通濾波器和雙工器及其整合模組以應用於無線區域網路 (Wireless Local Area Network, WLAN) 系統。計劃中所提出的兩種帶通濾波器結構，其一是將三階梳型濾波器加入一耦合電容以達到產生傳輸零點高選擇性的效果，另一種雙零點帶通濾波器，其是藉由多重傳輸路徑而產生通帶兩側的傳輸零點。低通濾波器部份則是利用定 k 值與導 m 型組合式的複合結構。雙工器由低通與帶通濾波器結合而成。最後雙工器模組是將雙工器接上不同頻段的帶通濾波器，在 2.4 GHz 與 5.2 GHz WLAN 頻段分別具有低損耗和高選擇性的頻率響應，以滿足 2.4 GHz 和 5.2 GHz WLAN 系統的需求。

關鍵詞- LTCC 濾波器、LTCC 雙工器、LTCC 雙頻天線、低溫共燒陶瓷 (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC)、三階交錯耦合濾波器、傳輸零點 transmission zero

使用之介質與材料

- (1) Dielectric constant : 7.6
- (2) Conductor thickness : 12 μm
- (3) Substrate thickness : 32 μm
- (4) Loss tangent : 0.003
- (5) Conductor : silver

二、研究方法

(一) LTCC Component

(a) LTCC 單極天線設計

LTCC 螺旋寄生單極天線，為了將天線體積縮小，使用了 LTCC 製程來達成此種 3D 的繞線型天線結構，如圖 1，而在設計過程中發現，除了 H. Nakano 於觀察到的寄生單極天線的位置與雙頻 f_1 與 f_2 的相對關係之外，事實上如果將單極天線固定在同一位置，而改變寄生單極天線的長度，在對於不同系統需求的雙頻相對關係上，也能夠獲得相當不錯的效果。由模擬的結果可以看出，當寄生的單極天線長度增加，第二頻往低頻移動的情況較第一頻為明顯，且第二頻頻寬跟著變寬，但卻也壓縮第一頻的頻

寬，因此在設計上需作取捨。此天線大小為 10.5mm*3.6mm*0.8mm。其模擬與實作的 S11 如圖 2，量測與模擬的場形如圖 3 所示。

(b) 三階梳型帶通濾波器

典型的梳型帶通濾波器，如圖 4，其藉由諧振腔之間的交錯耦合，可使得通帶的兩側或任一側產生傳輸零點，讓截止頻帶上的雜訊可以有效被抑制，進而提升電路本身的選擇度。將原型的三階梳型濾波器中非相鄰的兩個諧振腔疊加一耦合電容，使得訊號由單一傳輸路徑，改變為雙重傳輸路徑，利用相位相差 180 度且震幅相等的方式，使得通帶左側產生一個傳輸零點(transmission zero)，如圖 5 所示為改良式三階梳型帶通濾波器 [1][2] 電路模型，5.2GHz 帶通濾波器大小為 2.5mm*2mm*0.724mm，2.4GHz 帶通濾波器大小為 2mm*1.2mm*0.724mm，其模擬與實作的 S11 與 S21 如圖 6(a)、6(b)。

(c) 二階雙零點帶通濾波器

二階雙零點帶通濾波器 [3] 電路模型，如圖 7 所示，利用兩共振腔之間彼此交錯耦合，並依據其訊號有雙重傳輸路徑，使得在通帶左右兩邊的截止帶中產生傳輸零點。圖 8 所示為此帶通濾波器之傳輸路徑，Path1 為訊號經過一個串聯電容，Path2 訊號經過兩個串聯電容、一個串聯電感以及兩個並聯的電容電感諧振腔。此帶通濾波器大小為 2.5mm*2mm*0.24mm，其模擬與實作的 S11 與 S21 如圖 9 所示。

(d) 低通濾波器

此低通濾波器根據鏡像參數法 constant k 和 m_derived [4] 方法設計出組合式濾波器(composited filter)，其優點為使無限衰減發生在

截止頻率之後，並且無限衰減的位置可由 m 值來控制，如此，可任意設計出符合系統需求的低通濾波器，此低通濾波器大小為 2.5mm*2mm*0.26mm，電路架構如圖 10 所示，圖 11 為模擬與實作的 S11 與 S21。

(e) 雙工器設計

此 LTCC 雙工器之設計架構 [5] 將使用本報告所討論的 2.4GHz 低通濾波器與 5.2GHz 的帶通濾波器，並加上一組匹配電路(matching network) [6] 完成此雙工器設計，如圖 12 所示為雙工器電路基本架構。利用匹配電路的特徵阻抗(Z)及長度(L)來匹配，調整其 2.4GHz 的 channel 為 passband 時而 5.2GHz channel 看入須為開路，反之，5.2GHz channel 為 passband 時而 2.4GHz channel 看入須為開路，其 isolation 亦會更好。圖 13 為雙工器電路模型。雙工器大小約為 4mm*3.1mm*0.736mm，圖 14 為雙工器實作與模擬的 S11、S21 及 S32。

(f) 雙工器模組設計

此雙工器模組 [7][8] 是利用上述討論之雙工器，並結合先前的 2.4GHz 三階梳型帶通濾波器與 5.2GHz 二階雙零點帶通濾波器而成。此模組電路架構如圖 15 所示。此 LTCC 雙工器模組大小為 5.6mm*4mm*0.736mm，圖 16 為雙工器實作與模擬之 S11、S21 及 S32。

三、圖表

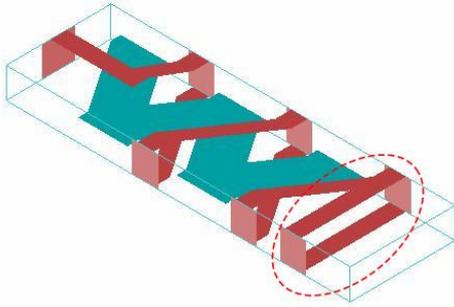


圖 1、3D 的繞線型天線結構

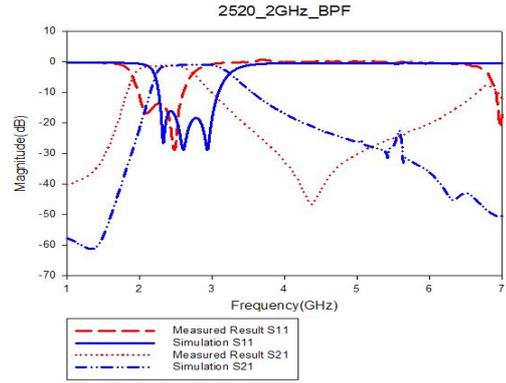


圖 6(a)、2.4GHz 梳型帶通濾波器

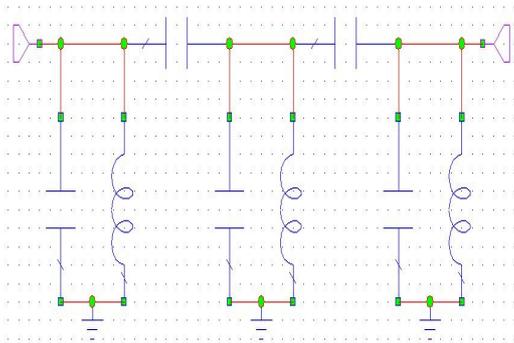


圖 4、典型的梳型帶通濾波器電路模型

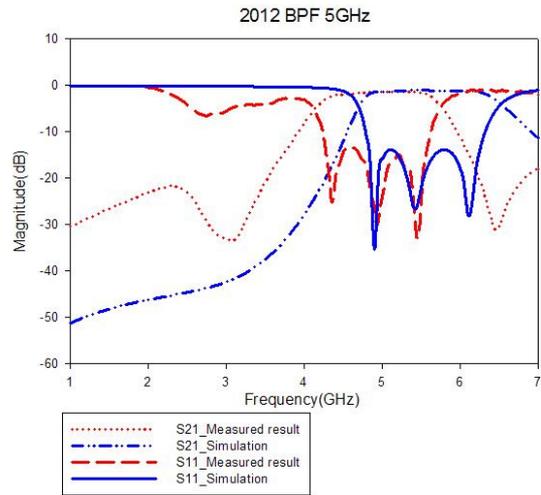


圖 6(b)、5.2GHz 梳型帶通濾波器

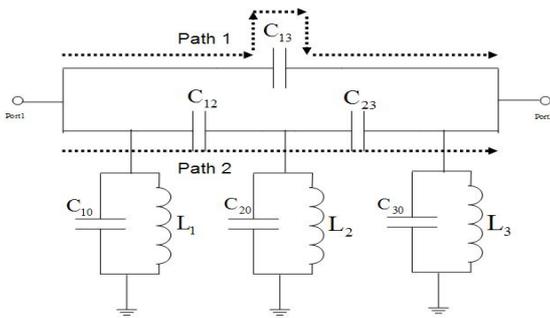


圖 5、改良式三階梳型帶通濾波器電路模型

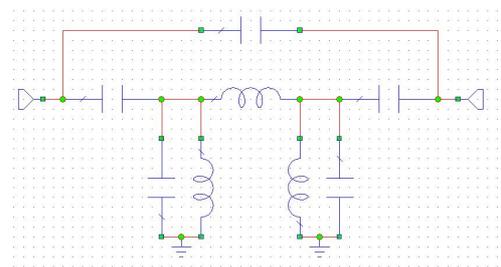


圖 7、二階雙零點帶通濾波器電路模型

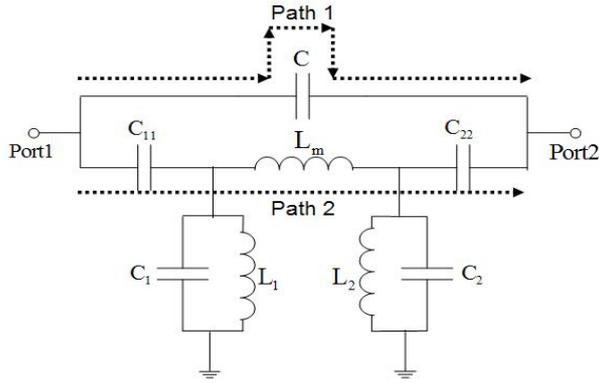


圖 8、二階帶通濾波器傳輸路徑

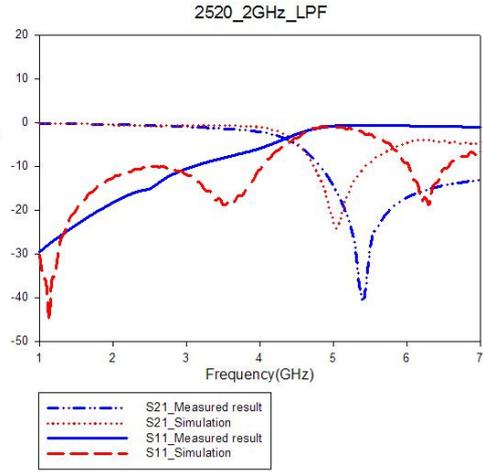


圖 11、低通濾波器 S11 與 S21

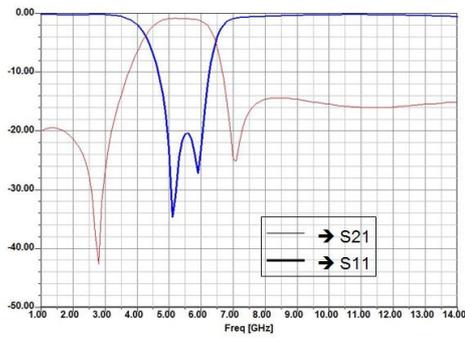


圖 9、二階雙零點帶通濾波器

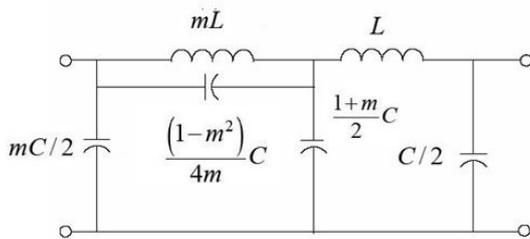


圖 10、低通濾波器電路模型

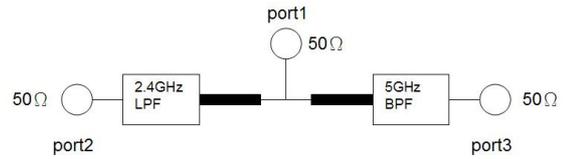


圖 12、雙工器電路架構

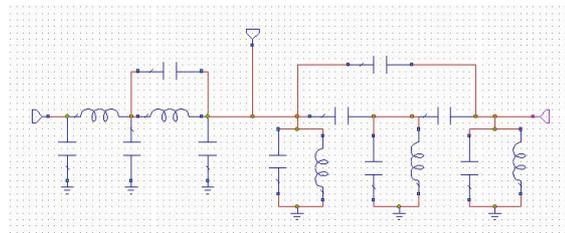


圖 13、雙工器電路模型

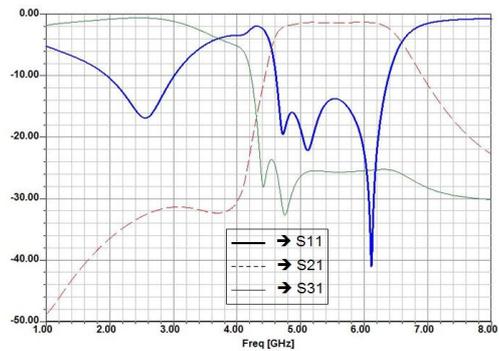


圖 14(a)、雙工器量測與模擬圖

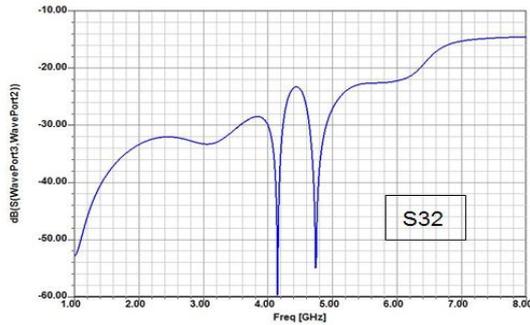


圖 14(b)、雙工器 S32 量測與模擬圖

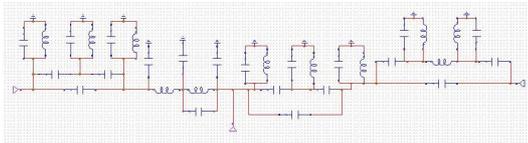


圖 15、雙工器模組電路架構

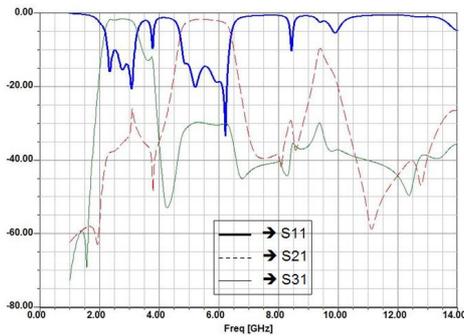


圖 16(a)、雙工器模組量測與模擬

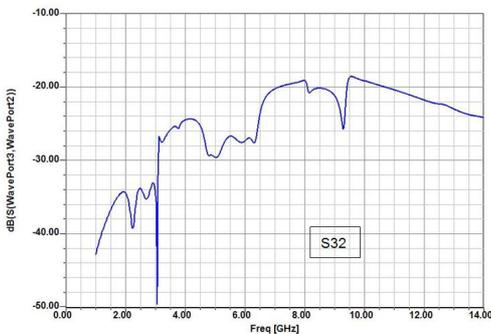


圖 16(a)、雙工器模組 S32 量測與模擬圖

四、參考文獻

- [1] Ching-Wen Tang, Yin-Ching Lin, and Chi-Yang Chang, "Realization of transmission zeros in combline filters using an auxiliary inductively coupled ground plane," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 51, Issue 10, pp.2112 - 2118, Oct. 2003.
- [2] Ching-Wen Tang, "Harmonic-suppression LTCC filter with the step-impedance quarter-wavelength open stub," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 52, Issue 2, pp.617 - 624, Feb. 2004.
- [3] Lap Kun Yeung, and Ke-Li Wu, "A compact second-order LTCC bandpass filter with two finite transmission zeros," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 51, Issue 2, Part 1, pp.337 - 341, Feb. 2003.
- [4] D. M. Pozar, "*Microwave Engineering*," 2nd ed., John Wiley, New York, 1998.

- [5] Jyh-Wen Sheen, "LTCC-MLC duplexer for DCS-1800," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 47, Issue 9, Part 2, pp.1883 - 1890 Sept. 1999.
- [6] Allan W. Scott, "*Understanding Microwaves*," John Wiley, Canada, 1993
- [7] Kunihiro. K. , Yamanouchi. S. , Miyazaki. T. ,Aoki. Y. , Ikuina. K. , Ohtsuka. T. , and Hida. H" A diplexer-matching dual-band power amplifier LTCC module for IEEE 802.11a/b/g wireless LANs," *IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium Dig.* , pp.303 - 306, 6-8 June 2004.
- [8] Young-Joon Ko , Jae Yeong Park , Jin-Hyung Ryu , Kyeong-Hak Lee ,and Jong Uk Bu," A miniaturized LTCC multi-layered front-end module for dual band WLAN (802.11 a/b/g) applications," *Microwave Symposium Digest, 2004 IEEE MTT'S International*, Volume 2 , pp.563 - 566 , 2004.